

コンクリートに「シリカホワイト：SW」及び「スーパーシリカ：SS」を
混入した、高強度コンクリートの性状および各種物性試験報告書

シリカジャパン研究所



高炉スラグ微粉末と(SW)シリカホワイト、(SS)スーパーシリカ、
シリカフェームを混入した
高強度コンクリートのフレッシュ性状および各種物性
.....

長岡技術科学大学大学院

研究目的および背景
.....

近年、高強度コンクリートに関する研究が行われ
るようになった。高強度化するためには

- ◆ 混和材の使用
- ◆ 高性能AE減水剤の使用



- 耐久性の向上
- フレッシュ性状の改善

研究目的および背景

.....
そこで本研究では、
高強度コンクリートの耐久性の把握

□塩分浸透抵抗性

□凍結融解抵抗性

細孔構造および各種物性の検討を行う

3

試験概要

.....
表-1 試験体概要

配合名	設計基準強度	W/B	使用混和材
普通コン	24 N/mm ²	54%	
普通コン	40 N/mm ²	40%	
SW con	24 N/mm ²	50%	高炉スラグ4000, (SW)シリカホワイト:比表面積14000cm ² /g
SW con	40 N/mm ²	40%	高炉スラグ4000, (SW)シリカホワイト:比表面積14000cm ² /g
SS con	80 N/mm ²	25%	高炉スラグ6000, (SS)スーパーシリカ:比表面積159000cm ² /g
SS con	100 N/mm ²	20%	高炉スラグ6000, (SS)スーパーシリカ:比表面積159000cm ² /g

混和材の性質

- 圧縮強度の増大
- フレッシュ性状の改善
- 物質移動抵抗性の増大
- 物理的性質の改善

4

配合表

表-2 配合表

配合名	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)								
		W	C	BB	SF	S	G	AE	Ad	SP
普通コン 24	54	166	308	-	-	748	1051	0	3.080	-
普通コン 40	40	173	433	-	-	565	1116	1.732	4.330	-
SW con 24	50	166	199	133	17	703	1051	2.092	5.569	-
SW con 40	40	171	257	171	21	558	1095	2.696	4.786	-
SS con 80	25	166	398	266	33	631	833	-	-	4.880
SS con 100	20	170	510	340	43	545	739	-	-	7.586

W:水, C:セメント, BB:高炉スラグ微粉末, SF:SW.SS.シリカフェーム
S:砂, G:砂利, AE:空気量調整剤, Ad:AE減水剤, SP:高性能減水剤

5

フレッシュ性状

表-3 フレッシュ性状

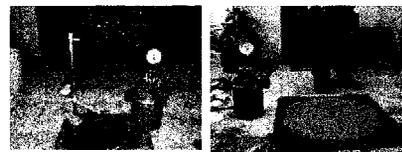
配合名	スランブ, フロー (cm)	空気量 (%)
普通コン 24	12.5	2.7
普通コン 40	15	4.3
SW con 24	17	2.8
SW con 40	6.5	3.0
SS con 80	70×67	4.9
SS con 100	70×69	4.7

目標スランブ・目標空気量

O-1,O-2 { スランブ:180mm
H-1,H-2 { 空気量:4.5%

H-3 { スランブフロー:650mm
空気量:4.5%

H-4 { スランブフロー:700mm
空気量:4.5%



・概ね目標値に近い値を示した。

写真-1, 2 打設写真

6

試験結果

1.強度試験結果

- 1.圧縮強度試験および静弾性係数試験
- 2.割裂引張強度試験
- 3.曲げ強度試験

2.各種耐久性試験

- 1.水銀圧入法による細孔径分布の測定
- 2.凍結融解抵抗性試験
- 3.電気泳動法による塩分抵抗性試験
- 4.RC供試体の一軸引張試験

7

1-1.圧縮強度試験および静弾性係数試験

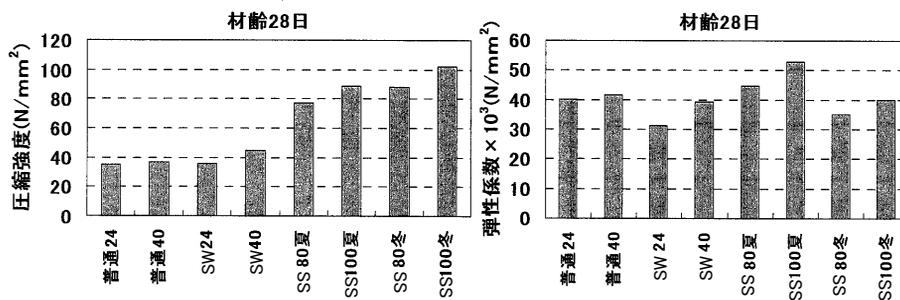


図-1 圧縮強度

図-2 弾性係数

8

1-1.圧縮強度試験および静弾性係数試験

・弾性係数－圧縮強度関係

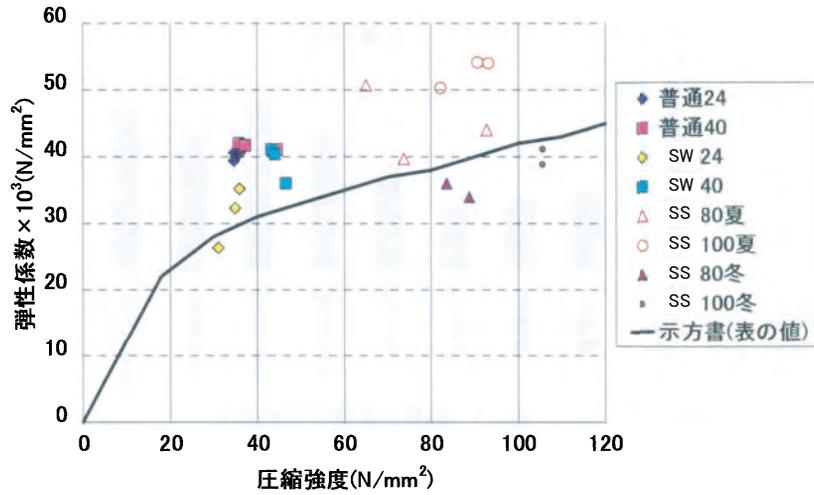


図-4 弾性係数－圧縮強度関係

9

1-1.圧縮強度試験および静弾性係数試験

・応力－ひずみ関係

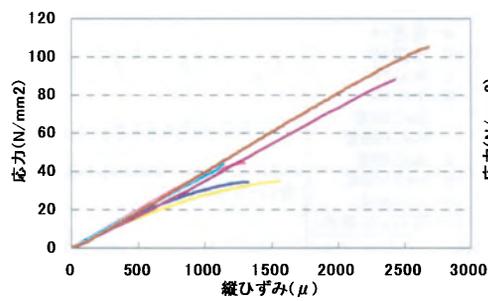


図-5 応力－縦ひずみ関係

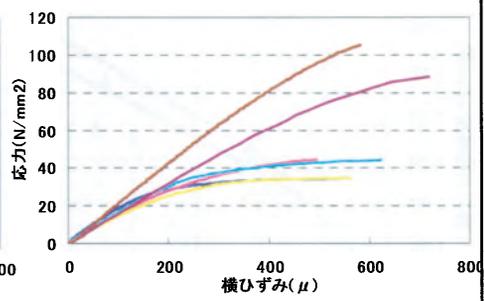


図-6 応力－横ひずみ関係

- ・高強度になるにつれて応力－ひずみ曲線は直線になる
- ・ポアソン比は概ね0.2に近い値を示した。

10

1-2. 割裂引張強度試験

・割裂引張強度試験結果

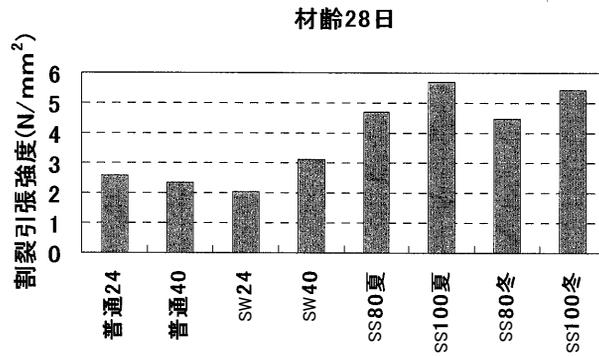


図-7 割裂引張強度試験結果

・普通40に関して強度が低く現れているのは、配合によるものだと考えられる

11

1-2. 割裂引張強度試験

・割裂引張強度－圧縮強度関係

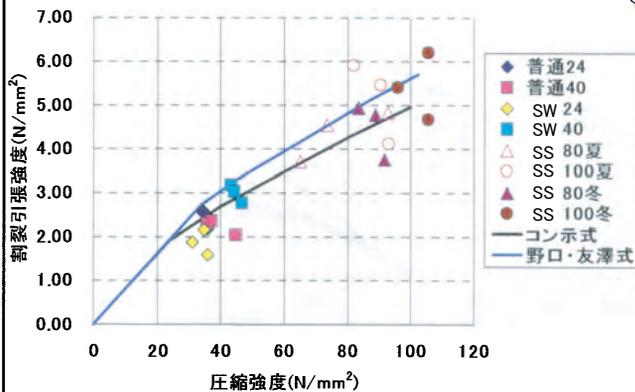


図-8 割裂引張強度－圧縮強度関係

○計算式

・コンクリート示方書式

$$f_{tk} = 0.23 f'_{ck}{}^{2/3}$$

※設計基準強度を用いる

・野口・友澤提案式

$$\sigma_t = 4 \times \left(\frac{\sigma_B}{60} \right)^{2/3}$$

※圧縮強度を用いる

・コンクリート示方書式および野口・友澤式に近い結果が得られた

12

1-3. 曲げ強度試験

・曲げ強度試験結果

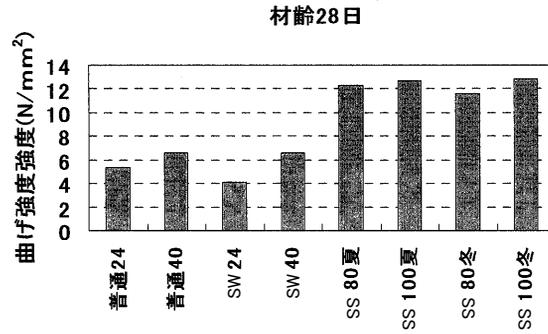
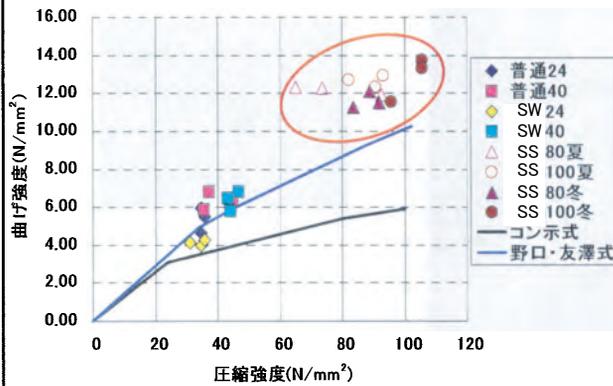


図-9 曲げ強度試験結果

・高強度では、高い曲げ強度が得られた

1-3. 曲げ強度試験

・曲げ強度－圧縮強度関係



○計算式

・コンクリート示方書式

$$f_{bck} = 0.6 / \sqrt[3]{h} \cdot f_{tk}$$

・野口・友澤提案式

$$\sigma_t = 7.2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60} \right)^{2/3}$$

※圧縮強度を用いる

図-10 曲げ強度－圧縮強度関係

・コンクリート示方書式および野口・友澤式よりも高い結果が得られた

試験結果

1.強度試験結果

- 1.圧縮強度試験および静弾性係数試験
- 2.割裂引張強度試験
- 3.曲げ強度試験

2.各種耐久性試験

- 1.水銀圧入法による細孔径分布の測定
- 2.凍結融解抵抗性試験
- 3.電気泳動法による塩分抵抗性試験
- 4.RC供試体の一軸引張試験

15

2-1.水銀圧入法による細孔径分布の測定



○コンクリート試料(3~5mm位)



写真-3 水銀圧入装置

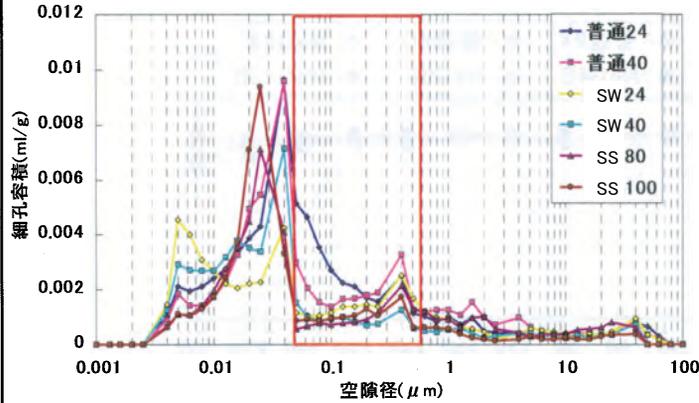
・左の装置で水銀充填を行い、右の装置で高圧オイルを充填し圧力をかけることで水銀を圧入し細孔径分布を測定する

16

2-1.水銀圧入法による細孔径分布の測定

・水銀圧入法(細孔容積-空隙径関係)

表-4 累積細孔容積



配合名	累積細孔容積 (ml/g)
普通24	0.07122
普通40	0.06627
SW 24	0.05344
SW 40	0.04960
SS 80	0.04949
SS 100	0.04738

図-11 細孔容積-空隙径

・高強度になるにつれて累積細孔容積の減少が見られる

17

2-2.凍結融解抵抗性試験



写真-4 凍結融解試験装置



写真-5 動弾性係数測定装置



写真-6 測定状況

凍結融解抵抗性試験

5°C~-18°Cから-18°C~5°Cを
1サイクルとし、300サイクル行う

※長岡高専にご協力頂きまして試験を行いました¹⁸

2-2.凍結融解抵抗性試験

・凍結融解抵抗性試験結果

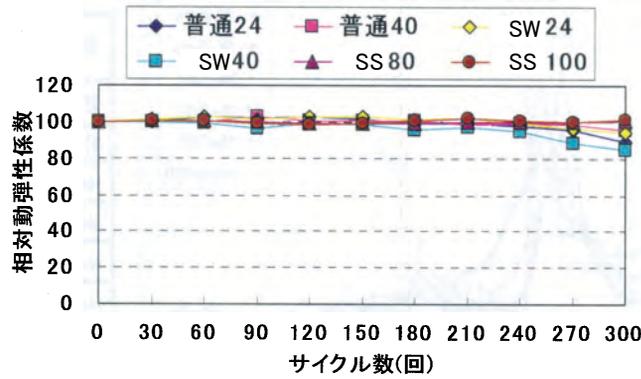


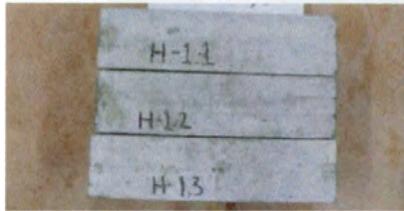
図-12 凍結融解試験結果

- ・全体的に高い相対動弾性係数を維持している
- ・高強度に関しては300サイクルでもほぼ100を維持している

19

2-2.凍結融解抵抗性試験

0サイクル

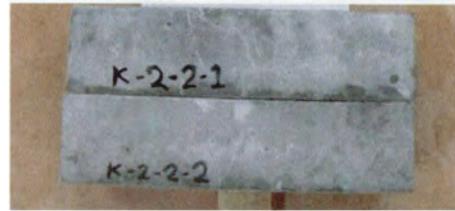


300サイクル



普通コン24

0サイクル



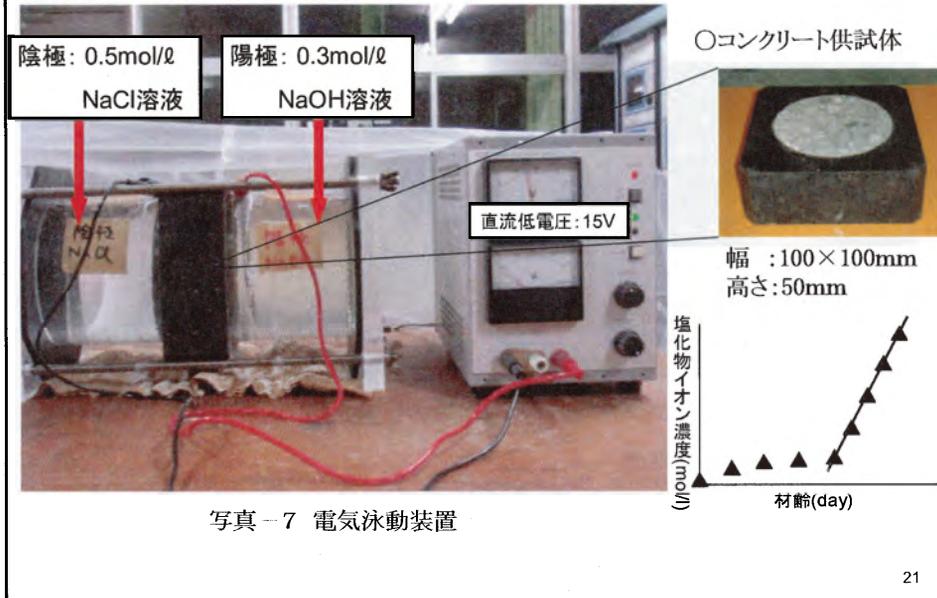
300サイクル



SS con100

20

2-3.電気泳動法による塩分抵抗性試験



21

2-3.電気泳動法による塩分抵抗性試験

・電気泳動試験結果

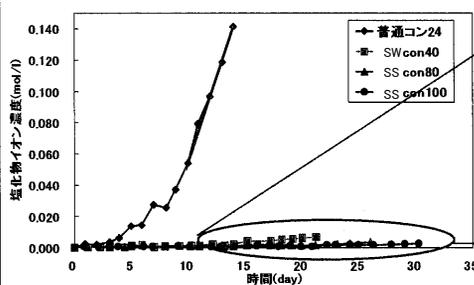


図-13 電気泳動試験結果

表-8 実効拡散係数

配合名	実効拡散係数 (cm ² /sec)
普通24	3.60×10^{-8}
SW 40	1.23×10^{-9}
SS 80	5.62×10^{-10}
SS 100	3.17×10^{-10}

● 高強度コンクリートは小さい実効拡散係数が得られた。

→ 塩分浸透抵抗性に優れている

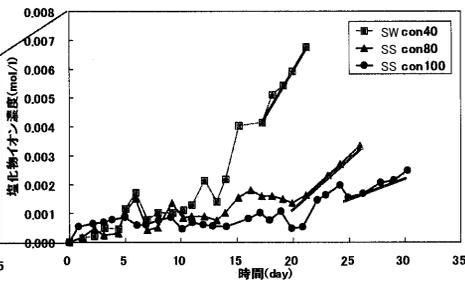


図-14 電気泳動試験結果 (SScon)

22

2-6.RC供試体の一軸引張試験

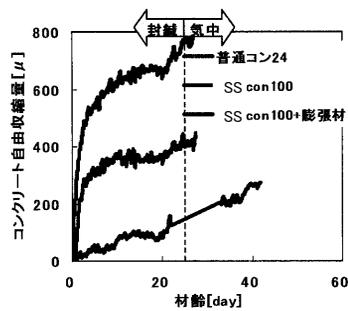


図-18 自由収縮

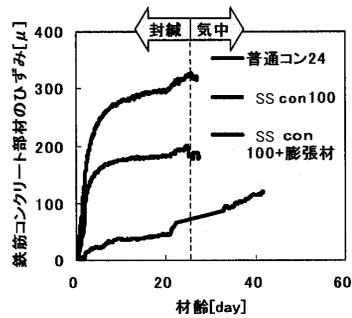
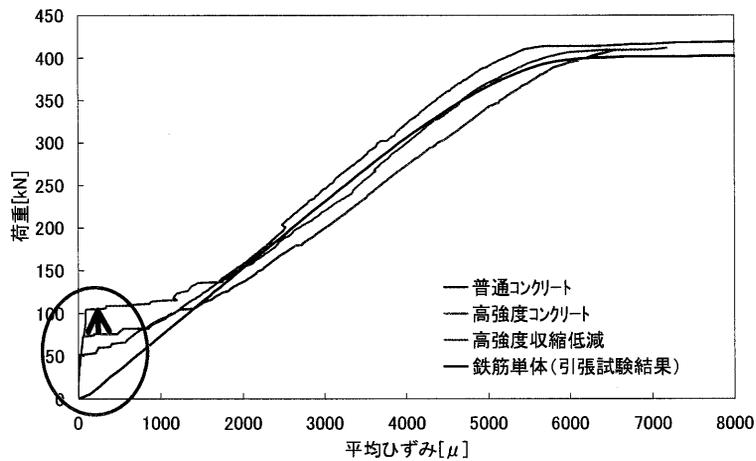


図-19 鉄筋コンクリート部材のひずみ

※膨張材を混入することで、収縮低減が確認された

23

2-6.RC供試体の一軸引張試験



24

まとめ

- 高強度コンクリートは細孔組織が緻密であることが確認された
- 高強度コンクリートは凍結融解抵抗性が高く、凍結融解試験後の表面の剥離がないことが確認された
- 高強度コンクリートは塩分浸透抵抗性に優れていることが確認された
- 高強度コンクリートに膨張材を混入することで収縮を低減する効果が確認された